

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-184408

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.Cl.

H04Q 3/52

H04B 10/02

H04L 12/56

(21)Application number : 10-354801

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 14.12.1998

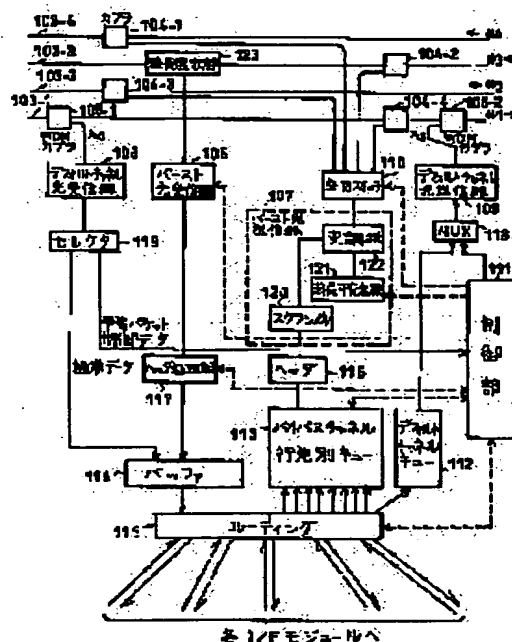
(72)Inventor : BABA SHINICHI

(54) OPTICAL NETWORK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a control technology of a large capacity optical network where a communication line can be set by means of dynamic wavelength switching or space switching by planning a communication schedule so that a means whose switching time is short is preferentially used among plural independent space or wavelength switching means.

SOLUTION: A node which belongs to an optical network and executes communication is provided with an optical transmission/reception means, two and above independent space or wavelength switching means deciding a space or a wavelength that optical transmitter/receiver user and a control means planning a communication schedule so that a means whose switching time is short is preferentially used in two and above switching means when the node executes a series of communication while an opposite node is changed with time. The node inputs/outputs an optical signal by the optical transmitter 107 connected to four couplers 104-1 to 4 and a space switch 110 and the optical receiver 106 connected to one ring through a wavelength selector 123. The node has a control part 111.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-184408

(P2000-184408A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 Q 3/52		H 0 4 Q 3/52	A 5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	T 5 K 0 3 0
H 0 4 L 12/56		H 0 4 L 11/20	1 0 2 Z 5 K 0 6 9
			9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平10-354801

(22) 出願日 平成10年12月14日 (1998. 12. 14)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 馬場 伸一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100081732

弁理士 大胡 典夫 (外1名)

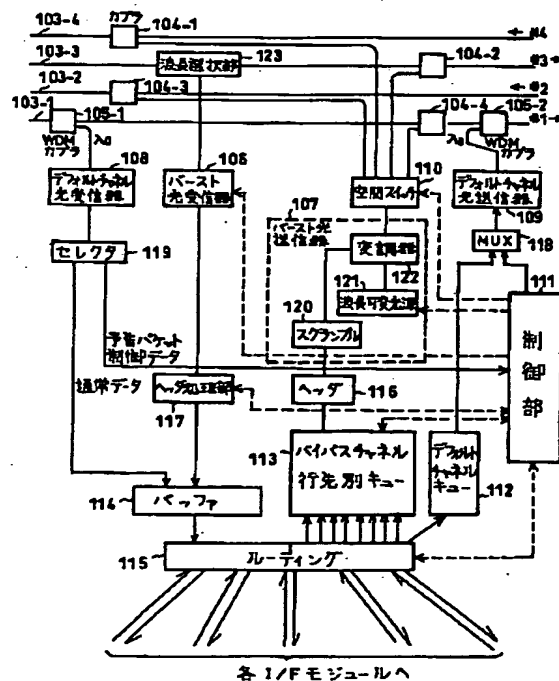
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ネットワーク

(57) 【要約】

【課題】 ダイナミックな波長切替あるいは空間切替による通信路設定が可能な大容量光ネットワークの制御技術を提供する。

【解決手段】 ノードでの高速切替手段を優先した切替順序の設定、データ毎の転送チャネルの選択、制御情報用通信路のフレキシブルな利用、さらに、波長変換などによるダイナミックなチャネル接続を用いるゲートウェイ技術により、ダイナミックな通信路利用を容易な処理で実現し、高効率化を図る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空間あるいは波長あるいはその両方の組合せで指定されるチャンネルを介して通信を行なう光ネットワークにおいて、

前記光ネットワークに所属して通信を行なうノードは、1つ以上の光送受信手段と、前記光送受信器が用いる空間あるいは波長を決定する2つ以上の独立した空間あるいは波長の切替え手段と前記ノードが相手ノードを時間とともに変えながら行なう一連の通信を行なう際において、前記2つ以上の切替え手段のうち切替え時間の短い手段を優先的に使用する様に通信予定を計画する制御手段を備えることを特徴とする光ネットワーク。

【請求項 2】 前記切替え手段は一つの空間切替え手段と一つの波長切替え手段であり、

前記切替え時間の短い手段は、前記波長切替え手段であり、

前記制御手段は、前記波長切替え手段を頻繁に使う通信相手ノードを切替える様に計画することを特徴とする、請求項 1 記載の光ネットワーク。

【請求項 3】 前記制御手段は、前記優先する切替え手段を頻繁に使うとともに、特定の通信品質を達成するための基準を満たすように、通信相手ノードを切替える様に計画することを特徴とする、請求項 1、2 記載の光ネットワーク。

【請求項 4】 空間あるいは波長あるいはその両方の組合せで指定されるチャンネルを介して通信を行なう光ネットワークにおいて、

前記光ネットワークは、ノード相互で制御情報を交換するための専用の制御情報用通信路を備え、

前記光ネットワークに所属して通信を行なうノードは、主たる1つ以上の光送受信手段と、前記主たる光送受信器が用いる空間あるいは波長を決定する空間あるいは波長の切替え手段と前記ノードが相手ノードを時間とともに変えながら行なう一連の通信を行なうための通信予定を計画する制御手段と、前記制御手段が制御情報を前記制御情報用通信路を介してノード間で交換するための1つ以上の光送受信器と、ネットワーク利用者のデータも前記制御情報用通信路を介して転送するための前記データと前記制御情報の合流／分離手段とを備えることを特徴とする光ネットワーク。

【請求項 5】 空間あるいは波長あるいはその両方の組合せで指定されるチャンネルを介して通信を行なう光ネットワークにおいて、

前記光ネットワークは、ノード相互で制御情報を交換するための専用の制御情報用通信路を複数備え、前記光ネットワークに所属して通信を行なうノードは、主たる1つ以上の光送受信手段と、前記主たる光送受信器が用いる空間あるいは波長を決定する空間あるいは波長の切替え手段と前記ノードが相手ノードを時間とともに変えながら行なう一連の通信を行なうための通信予定を計画す

る制御手段と、前記制御手段が制御情報を前記制御情報用通信路を介してノード間で交換するための複数の光送受信器と、前記複数の制御情報用通信路をひとつの通信路とみなして、各通信路の通信負荷を平均化するように当該通信路上にデータを送出する機能および前記複数の制御情報用通信路から受信された各信号を合流する機能とを備えることを特徴とする光ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】波長多重あるいは空間多重を用い、ダイナミックな波長切替あるいは空間切替による通信路設定が可能な大容量光ネットワークの制御技術に関する。

【0002】

【従来の技術】情報化の進展に応じて、ネットワークの大容量化が求められている。光通信を用いたネットワークでは、波長多重技術を用いての大容量化が研究開発されている。しかし、現状の波長多重技術では、100波程度の多重しかできないため、情報通信の需要の伸びにすぐ対応できなくなると考えられる。

【0003】また、現在のところは波長可変光源や波長可変フィルタなどの性能に制限があるため、フレキシブルな通信設定ができる光ネットワークを実現しようとすると、さらに利用可能な波長数などが制限されてしまう。そこでこの様なネットワークをさらに多重化することにより将来求められる大容量化に対応することが考えられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】例えば、波長多重ネットワークを空間的に多重したネットワークの例を図3に示す。

【0005】このネットワークの各光リング103-1~4では、光波長多重技術を用いて同時に複数の波長の光信号を使える様にすることにより、光リング上で複数の通信が同時に行える。この様な特徴を持つ光リングが空間的に多重されてマルチリングネットワークを構成している。光リングと波長の組合せにより指定される論理的な通信路をチャンネルと呼ぶことにすると、このネットワークでは、それぞれのノード102-1~が複数あるチャンネルの中から一つ選んで、それぞれ通信を行なう。各ノードは、チャンネルを選択するために空間的に異なるリングの切替え機能と波長切替え機能を持つ光送受信器を備え、通信の相手先ノードを変える度に前記光送受信器を用いて使用チャンネルを切替える。

【0006】しかし、この様なネットワークを実現するためには、いくつかの問題点がある。

【0007】第一の問題点は、前記空間切替え手段と波長切替え手段は全く独立した切替え手段であるが、その切替え時間に差がでる。例えば、空間切替を行なう間に、波長切替えは何度も行なえる様な場合、空間切替え

の時間により、通信時間に比しての切替えに費やす時間、つまり光送受信器の利用効率が決まり、高速な波長切替えの利点が活かされない。

【0008】第二の問題点は、各ノードはデータを転送するために、必ず相手ノードとの間で、使用するチャネルを決定するための通信設定を行なう必要があるが、少量のデータの転送等にまで、時間や処理能力をこの設定に費やすことになり、非効率的である。

【0009】第三の問題点は、大容量化に伴い前記通信設定のために費やす通信が増加し、複数の通信設定通信がノードで衝突したり、処理順序が不適切になることがある。

【0010】第四の問題点は、各ノードは、通信の相手先ノードを変える度に相手と合わせて使用チャネルを切替えるが、その切替え先チャネルとなる使用可能なチャネルを選択する処理や、当該使用チャネルを相手先と一致して正しく選択するためのノードの制御部での処理が重い。

【0011】第五の問題点は、前記ネットワークを広域で利用するために相互接続すると、その接続点での接続仕様の制限により、通信可能なチャネルを得ることが著しく困難になる。

【0012】これらの問題は、光ネットワークの多重による大容量化において生じるもので、本発明は、これらの問題をノードでの切替順序の設定、データ転送チャネルの選択、制御情報用通信路の利用、マルチリング構成において受信器使用リングの制限、さらに、ゲートウェイでのチャネル接続を効率的に行なう技術により解決を図るものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明では、効率的なノード切替を行なうための第一の発明として、空間あるいは波長あるいはその両方の組合せで指定されるチャネルを介して通信を行なう光ネットワークにおいて、前記光ネットワークに所属して通信を行なうノードは、1つ以上の光送受信手段と、前記光送受信器が用いる空間あるいは波長を決定する2つ以上の独立した空間あるいは波長の切替え手段と前記ノードが相手ノードを時間とともに変えながら行なう一連の通信を行なう際において、前記2つ以上の切替え手段のうち切替え時間の短い手段を優先的に使用する様に通信予定を計画する制御手段を備える。

【0014】さらに、前記切替え手段は一つの空間切替え手段と一つの波長切替え手段であり、前記切替え時間の短い手段は、前記波長切替え手段であり、前記制御手段は、前記波長切替え手段を頻繁に使う通信相手ノードを切替える様に計画する。

【0015】加えて、前記制御手段は、前記優先する切替え手段を頻繁に使うとともに、特定の通信品質を達成するための基準を満たすように、通信相手ノードを切替

える様に計画する。

【0016】これらの機能を備えることにより、ノードは要求された特定の通信品質を保ちつつ、遅い切替え時間を持つ切替え手段の利用を最小限に抑える様にチャネル切替え順序が決定されるので、結果、稼働時間中のチャネル切替えが占める時間を最適化できる。

【0017】データ転送チャネルの選択を効率的かつ高信頼に行なうための第二の発明として、空間あるいは波長あるいはその両方の組合せで指定されるチャネルを介して通信を行なう光ネットワークにおいて、前記光ネットワークは、ノード相互で制御情報を交換するための専用の制御情報用通信路を備え、前記光ネットワークに所属して通信を行なうノードは、主たる1つ以上の光送受信手段と、前記主たる光送受信器が用いる空間あるいは波長を決定する空間あるいは波長の切替え手段と前記ノードが相手ノードを時間とともに変えながら行なう一連の通信を行なうための通信予定を計画する制御手段と、前記制御手段が制御情報を前記制御情報用通信路を介してノード間で交換するための1つ以上の光送受信器と、ネットワーク利用者のデータも前記制御情報用通信路を介して転送するための前記データと前記制御情報の合流／分離手段とを備える。

【0018】これらの機能を備えることにより、制御情報と利用者のデータを合流して、制御情報用通信路に出力し、あるいは通信路から受信して分離することができるので、制御情報用通信路の安全かつ効率的な利用と、通信設定が不要なデータ転送の利用によるネットワーク全体の効率化が実現できる。

【0019】制御情報用通信路の利用を簡易で効率的にするための第三の発明として、空間あるいは波長あるいはその両方の組合せで指定されるチャネルを介して通信を行なう光ネットワークにおいて、前記光ネットワークは、ノード相互で制御情報を交換するための専用の制御情報用通信路を複数備え、前記光ネットワークに所属して通信を行なうノードは、主たる1つ以上の光送受信手段と、前記主たる光送受信器が用いる空間あるいは波長を決定する空間あるいは波長の切替え手段と前記ノードが相手ノードを時間とともに変えながら行なう一連の通信を行なうための通信予定を計画する制御手段と、前記制御手段が制御情報を前記制御情報用通信路を介してノード間で交換するための複数の光送受信器と、前記複数の制御情報用通信路をひとつの通信路とみなして、各通信路の通信負荷を平均化するように当該通信路上にデータを送出する機能および前記複数の制御情報用通信路から受信された各信号を合流する機能とを備える。

【0020】この構成により、複数チャネルを用いる制御情報用通信路大容量化の際にもチャネルを識別しての制御が不要になるため、当該通信路の制御を簡易なままに保つことができる。

【0021】チャネル選択の処理等を効率化するための

第四の発明として、空間と波長の両方の組合せで指定されるチャンネルを介して通信を行なう光ネットワークにおいて、前記光ネットワークは、リング状に接続された複数の光ファイバと、当該ファイバに接続されて光信号を入出力するノードから構成され、当該ノードは、前記複数の光ファイバのそれぞれに接続された出力を持つ光スイッチを介して、前記複数の光ファイバのうちから選択したファイバに光信号を送出する1つ以上の光送信器と、前記複数の光ファイバのうち、ノード毎に定められる1本のファイバに固定接続され、当該1本のファイバから10の光信号を受信する1つ以上の光受信器とを備える。

【0022】この構成により、当該通信の受信側ノードは、接続されるリングが固定されているため、使用可能チャンネルの組合せが減り、使用チャンネルを決定するための処理が効率化される。

【0023】ゲートウェイでのチャンネル接続を有効に行なうための第五の発明として、空間あるいは波長あるいはその両方の組合せで指定されるチャンネルを介して通信を行なう光ネットワーク相互を接続する装置において、前記装置は、入力光信号の光波長、あるいは、当該光信号が入力してきた光伝送路と出力される光伝送路の組合10わせを変更する信号変換機能と、その変更を設定するために、出力側に接続されているネットワークの状況を把握し、前記状況を基に前記変更を決定する制御機能を持ち、前記信号変換機能は前記制御機能の指示に従って動作することを特徴とする、ゲートウェイ装置を用いる。

【0024】該ゲートウェイ装置により、関連するネットワークあるいは端末の情報に基づいたチャンネル設定がなされるので、円滑な通信が、通信資源を有効に利用した状態で実現される効果が生まれる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、図を用いて本発明の実施例を説明する。

【0026】図2に、請求項1-6の発明が適用される光ネットワークの例を示す。ノードA(102-1)からX(102-24)がネットワークコア101に接続されてネットワークを構成している。このネットワークを介して、ノード間で情報が転送される。各ノードには端末が接続されているかもしれないし、ルータやスイッチが接続されているかもしれないし、さらに他のネットワークが接続されているかもしれない。いずれにしろそれらで生じた情報が図2に示したネットワークを介して、他の場所へ転送される。

【0027】前記ネットワークの具体的な例の一つが、図3の#1～#4の複数の光リング103-1～4のサブネットワークにより構成されているネットワークである。各光リングでは、光波長多重技術を用いて同時に複数の波長の光信号を使えるようにすることにより、光リング上で複数の通信が同時に行える。この様な特徴を持つ光リングが空間的に多重されてネットワークを構成している。光リ

ングと波長の組合せにより指定される論理的な通信路をチャンネルと呼ぶことにすると、このネットワークでは、それぞれのノードが複数あるチャンネルの中から一つ選んで、それぞれ通信を行なっている。

【0028】各ノードには、あらかじめ割り当てられたリングと波長の組合せ(チャンネル)があり、そのチャンネルを固定的に受信する光受信器が備えられている。また、ネットワーク内の全ノードに信号を伝送出来るように、接続リングと送信光波長を可変できる光送信器も備える。そして各ノードはこの光送信器を用いて、第一の相手ノード宛に第一の光リングの第一の光周波数であるデータを送出すると、光リングや波長を切替えて第二の相手ノード宛に次のデータを送出する。このように、次々と異なる相手へデータを転送していくので、送信するノードと受信するノードの組合せはダイナミックに変化する。

【0029】図1にノードの構成例を示す。ノードは、4つの光リングに、4つのカプラ104-1～4と空間スイッチ110を介して接続された光送信器107と、4つのうちの一つのリングに波長選択器123を介して接続された光受信器106により光信号の入出力を行なう。これら送受信器の入出力と図示されていない前記ノードのローカルへの入出力インターフェースとが、ルーティング部115を介して接続されている。またノードは、これら光送受信器、ルーティング部などを管理する制御部111を持つ。さらに、前記制御部111による情報転送を主な目的としたデフォルトチャンネル光送受信器108および109が、WDM(Wave length Division multiplex)カプラ105-1,2を介して光リング103-1に接続されている。

【0030】前述したノードの光送信器107は、波長可変光源121を持つ。その光出力は、変調器122により情報10が変調されたのち、空間切替型光スイッチ110を介していずれかの光リングに接続される。この波長可変光源121及び空間スイッチ110は制御部111により制御される。光受信部は、データが転送されてくるリングからノードに割り当てられている光周波数を選択する波長選択器123により抜き出された光信号をパースト受信に対応した光受信器106で受信、電気信号に変換する。そののち、ヘッダ処理部117でヘッダ処理などを行ない、取り出された情報を出力する。ノードは、ネットワークの持つ伝送容量をより有効に利用したり、マルチキャスト通信対応を容易にするため、光送信部や光受信部を複数持つ場合もあり、また、その場合に送信部と受信部が同じ個数でなくとも良い。

【0031】またノードには、以上説明したデータ送受信のメイン光送受信器の他に、ネットワークの制御・管理情報や小容量のデータ通信の伝送に主に使われるデフォルトチャンネル用光送受信器108,109を備える。図1に示す例では、デフォルトチャンネル用送信器109が、波長がλ0固定で、光リング#1(103-1)に接続されている。同

様にデフォルトチャネル用受信器108も、受信波長が λ_0 固定で、光リング#1に接続されている。一般にデフォルトチャネルは、ネットワークの状況を把握し、他ノードからの通信設定の要求に応えるために、常に受信しておく必要があるため、少なくともデフォルトチャネル用の光受信部は、メインの光受信器とは兼用しない。また中継する他ノードの通信設定要求のデータを速やかに転送するためには、デフォルトチャネル用の光送信器もメインの光送信器とは兼用しない方がよい。さらに、この周波数 λ_0 をメイン光送受信器の用いる波長とは離れた波長を用いることにより、デフォルトチャネルを分離する波長選択部に低価格の合分波器が使えるメリットがある。例えば、光アンプも多用することになるメイン用のチャネルを $1.55\mu\text{m}$ 帯に設定し、一方デフォルトチャネルを $1.3\mu\text{m}$ 帯に設定する。また、構内網などファイバ資源が十分にある場合は、デフォルトチャネル用のファイバを独立させると、さらに合分波器さえ不要になり、システムが簡便化される。なおデフォルトチャネルに対して、メインの光送受信器が通信を行なうチャネルをバイパスチャネルとも呼ぶ。

【0032】バイパスチャネルによる通信は、例えば、Yoo,M.らによる「A High Speed Protocol for Bursty Traffic in Optical Networks」, (SPIE Vol. 3230, pp. 79-90, Nov. 1997)に紹介されている「tell-and-go」設定方式を用いる。この場合、各通信は図4に示す次の手順で行なわれる。例えば、ノードAがノードJにデータを伝送する場合、まずノードAは、ノードJ宛にデータを転送する旨をノードJおよび途中ノードに知らせる予告パケット140を送出する。予告パケットは、ネットワークのデフォルトチャネルに送出される。デフォルトチャネルは、ネットワークに接続する全ノードが常に送受信できる状態にいる特別なチャネルである。

【0033】デフォルトチャネルを流れるパケットは必ずリング上の隣のノードに受信され、そこで予告パケットに示されている通信予定が既に予約済みの他の通信を邪魔しないか確認した上で、当該通信予定に必要なそのノードでの予約を行なう。これらの処理後、そのノードが最終ノードでなければ予告パケットを次のノードに転送される。従って、各中継ノードでは、処理時間152が必要となる。ノードAを出た予告パケット140は、ノードBで前記処理を行なったのち予告パケット141として送出され、ノードC、ノードDとこれを繰り返して、最後にノードJに到着する。

【0034】ノードJは予告パケット149を受けとり、ノードAからの伝送を受信できるかどうかを判断し、受け取れる場合は、バイパスチャネル用光受信器で、ノードAからのデータを待つ。ノードAは、予告パケットを送出後、ある時間 t_1 (153) をおいて、それまでに予告失敗を告げるパケットが戻ってこない限り、バースト状パケット150を一方向的に送り出すことになっている。従っ

て、ノードJには、相当時間の経過後、ノードAからのバースト状パケットが届く。また、予告パケットにも t_1 に関する情報が含まれており、それを基にノードJでパケット到着のタイミングも推測できる。それに合わせて、ノードJは受信準備ができる。例えば、光受信器では送信ノードAからの過去の通信時に保存しておいた受信ゲインの設定やクロックの同期位相情報などを受信器の初期値として設定することにより、バースト受信における初期引き込み時間の短縮を図る。また、必要なバッファ領域の確保やルーティング能力の確保などもこの時点で行なわれると、スムーズなバースト/パケット処理が実現できる。

【0035】次に請求項の第1-4にかかる具体的な例と効果について説明する。前記の様に通信を行なうため、ノードは送信に際して、相手先ノードに合わせて、常にリングと波長を選択することになる。バイパス通信用送信部では、この選択を上述のとおり波長切替と空間切替の2つの独立した切替え手段を用いて行なう。ところが、第一の問題として前記したように、それぞれの手段の切替えに要する時間が著しく異なる。光送信部の波長切替えは、Distributed Bragg Reflector型半導体レーザ(DBR-LD)を光源に用いることにより、その波長制御電極にかかる電流の切替えに応じて、マイクロ秒オーダーの速さで行なわれる。一方、空間切替えは、ファイバの接続部をピエゾ素子により機械的に動かすスイッチを用いることにより、ピエゾ素子にかかる電圧でファイバ出力のポートが決まるが、この切替え速度はミリ秒オーダーである。そこで各ノードの制御部は、一度空間切替を行なうと、当該リングネットワークで行なうことができる通信をできるだけやってしまい、その後で初めて、空間切替を行なう。こうすることにより、空間切替の頻度を減らして時間の有効利用を行なうことができる。

【0036】また、前に問題点の第2として示した様に、転送するデータの容量が少ない場合でも、波長切替や空間切替を行なって、光通信を行なう必要がある。これは、前記それぞれの切替時間に比して、データ転送時間が短いため、ネットワークの通信容量に無駄を生じることとなる。またデータ転送時間が、通信設定に必要な時間と比較しても短い場合には、制御部にとってもその処理が負担となる。そこで、各ノードは通信設定のための通信路：デフォルトチャネルを持っていることを利用して、この様な、短いあるいは、まれなデータ転送は、デフォルトチャネル経由で通信を実現する。そして、デフォルトチャネルを流れる予告パケットや制御パケットを安全にデータパケットと合流/分岐する機能を用いることにより、信頼性を確保したデフォルトチャネルの共用ができる。

【0037】各ノードの制御部が行なう通信相手の順番を決定するスケジューリングには、ノード内に蓄積される相手先別データ量や相手先別のサービス予約状況や相

手先ノードの負荷の具合が考慮される。ノードはネットワークの外側に接続されている機器や他のネットワークから来るいろいろな通信パケットを受信すると、まず送り先を判定する。次に、メインのバイパスルートで転送するパケットか、デフォルトチャネルで転送するパケットかを判別する。デフォルトチャネルで転送する場合は、パケットは、デフォルトチャネル送信器に接続するバッファに一時蓄えられ、このバッファのパケットは、逐次デフォルトチャネルに送出される。一方バイパスルートで転送する場合は、送り先ノードごとに分類されたキューに貯められる。場合によっては、同一の送り先の中で、更にサービス毎、フロー毎にキューを分類して貯められることもある。これらの分類は、多くのQoS(Quality of Service)の様に通信ユーザからの要求により設定される場合と、IPルータで用いられているタグスイッチングの様にネットワーク内の効率化の目的でノードにより自主的に設定される場合がある。これらの設定の起動／終了は、既存のプロトコルに従った実装を、ルーティング部および制御部に施すことにより、それらのプロトコルがそのまま利用できる。また、複数の受信器を持つノードに対してもキューの数は受信器の数には関係無い。スケジューリングを行なう制御部は、これらのバッファへのパケットの蓄積具合をみて、多く蓄えられているバッファの相手先から順番にバイパスチャネルの通信が行なわれる様に通信設定を行なっていく。

【0038】この際に、本発明の第1-3の請求項にかかる機能を備えたノードの制御部は、前記切替え方式毎の切替え時間の違いを考慮するので、まず、相手先をその所属リング毎に分類する。そして、リング毎の全ての相手先をまとめたバッファの蓄積状況から、まずリング移動のスケジューリングを行なう。さらに、各リング内での各相手先バッファの蓄積状況から相手切替えつまり波長切替えのスケジューリングを行なう。制御部111は、作成したスケジューリングに従い、デフォルトチャネルに予告パケットを送出し、通信設定を順次行なう。ただ、あるリングで通信を設定している時、そのリング上の全ての相手先と通信を設定する訳ではない。バッファに十分な量のパケット、例えば伝送した際のバースト長が波長切替え時間に対して比較し得る位長くなる量以上のパケット、が蓄積されていない場合、その相手先への送出は先送りするかもしれないし、特定のリング上の相手先ばかりバッファが一杯になっていっても、その中で優先度の高いバッファを送出し終えたら、一度、他リングの通信へ切替えるかもしれない。

【0039】この様にスケジューリングには、平均的にリーズナブルなサービスが実現される様にするというもう一つのポイントがある。帯域、帯域使用効率、遅延、遅延ゆらぎ、パケット廃棄率などの多種多様なサービスファクタの全てを満たす訳ではなく、ノードあるいはネットワークの運用ポリシーに従って、実現すべき品質は異

なる。たとえば、最大遅延時間を大事なファクタとした場合について説明する。ここで制御部は、ノードを通過するパケットが受ける最大遅延時間をできるだけ短くする様にバイパスチャネルの通信をスケジューリングする。例えば、「ロード(負荷)の高い相手先には、設定失敗を減らすため、早めにt1を十分にとった予告パケットを送っておいて、定期的に通信権を獲得する」、「一定時間経過してもバイパスチャネルを使用するほどパケットが蓄積されなかったバッファでは、バッファ中のパケットを、デフォルトチャネルバッファに移してデフォルトチャネル経由で送出する」、といったルールを適用して、スケジューリングが行なわれる。

【0040】図5に制御部111での処理手順例を示す。行き先別キューの状況等から、次のT/2時間のリング切替え順序と各リングでの滞留時間を決定する(ステップ161)。当該リングに属するノードのキューで優先度の高いキューに対して、必要な通信時間等の資源を確保する(ステップ162)。残りリング滞留時間を配分し、当該リングに属するノードの間で、キューの状況から波長切替え順序と各波長での滞留時間を決定する(ステップ163)。当該リングで波長を割り当てられなかったノード行キュー内の待機パケットをデフォルトチャネル送信用バッファに移動する(ステップ164)。続いて、最後のリングであるかどうか判断され、最後でなければステップ162へ進み、最後であればステップ166へ進む。最後のリングの場合には、時間帯t0~t0+T/2のスケジューリングが終了となる(ステップ166)。そして、処理161~166を時間T/2毎に繰り返すことにより、キューにおいてパケットが受け得る遅延を最大でTに抑えることができる。そして、空間切替のスケジューリングに関わる処理161の後に波長切替のスケジューリングに関わる処理162から処理165を光リングの数だけ繰り返すという独立した2段階の手順で構成されており、これにより前述の効果を持った処理が実施される。

【0041】以上の様に、バッファでの蓄積状況、必要なサービスの確保に加えて、切替え時間の違いを考慮したスケジューリングを行なうことにより、トータルでの通信効率の向上が図られることが、本発明を用いることの最大の利点である。

【0042】予告パケットは、制御部111により、生成・中継される。スケジューリングに従い、相手ノードとその途中のノードに相手ノードにより決まる光リングと波長の組合せのバイパスチャネル使用の予約を行なう。図6に予告パケットの例を示す。予告パケット170には、発信元アドレス、宛先アドレス、実際のデータ送出タイミングを示すt1(173)、バーストの予定サイズ(174)等がデータとして含まれる。またデフォルトチャネルは、他の通常の通信のパケットも流れるので、ヘッダはそれと共通化を図る。たとえば、IPパケットをサービスするネットワークでは、20バイトのIPヘッダ互換部171を用い

る。ただし、予告パケットは重要度が高い情報なので、デフォルトチャネル受信器108で電気信号に変換されたのち、セレクト119直ちに他のデータから選別され制御部111に渡される。これは、通常のデータ同様にバッファ経由でルーティング機能を通過させると、輻輳時には大幅な遅延を被り、最悪のケースではパケットが廃棄されることがあるのを防ぐためである。予告パケットだけでなく、ノード同士の制御情報を交換する制御パケットなども同様の取り扱いをする。このため、予告パケットや制御パケットは、ヘッダ内にそれを示すコードが含まれる。例えば図6に示したIPヘッダ互換部171のversion 4形式では、TOSビットあるいはProtocolフィールドが、version 6形式では、Priority フィールドがそのために使われる。この様に既存のプロトコルの優先機能を用いることにより、既存のヘッダ処理プログラムあるいは素子に少しの改良を加えるだけでセレクトが作成できる。制御部は、予告パケットを処理後、自ノードが最終宛先でなければ、前記予告パケット170を中継して次ノードに送る。この次ノードは、宛先ノードに届くための経路上にいる隣ノードであり、本実施例の様にリングネットワークの場合には、宛先に寄らず隣ノードは一つしかない。

【0043】また関連して、制御部が生成する予告パケットや制御パケットをデフォルトチャネル用光送信器109に入力する際も、デフォルトチャネルキューからくる通常データより優先的に送信される様に制御される。

【0044】制御部111は作成したスケジュールに従い、行き先別キューからデータをバイパスチャネル用光送信器に転送する制御も行なう。まず、予告パケットにより予告した送出時間にキューの内容をバーストにして光送信器から送り出せるタイミングで、キューの内容をヘッダ処理部へ転送する。もし、ノードに再送機能がある場合、バーストは再送される可能性があるため、前記転送時にバッファ上にもデータを残しておく。そして、当該データは、転送後一定時間 t_2 の間に再送を行なわなかった時に、始めてバッファから消去される。IPフォーマットのパケットを扱うネットワークの場合、このヘッダ処理部117へ転送されるデータは、IPパケットが1つ以上縦続に並んだものになる(図7)。このデータをカプセル化するヘッダ互換部182をこのヘッダ処理部117につける。バイパスチャネルでの通信は、送信ノードと受信ノードで互いに相手のノードのことがすでに分かっており、また途中ノードでは光信号がそのまま通過するだけなので、いわば専用線を用いた通信と同じで、発信/受信ノードアドレス、バーストのデータ形式/プロトコルの記述はヘッダ中に必要ない。またバーストの誤りについては、データである各IPパケット183~189はそれぞれ誤り検出が出来るので、IPヘッダ互換部182の誤り制御だけが必要である。従って、受信時にバーストの終了位置を決定するのに使われるバースト長を示すフィールド

が、IPヘッダ互換部182では最も重要で、このフィールドに誤り訂正のためのフィールドを付加したものが最低限必要なヘッダである。この形式により効率的なデータ転送を行なうことが出来る。

【0045】ただし、途中ノードでの光伝送監視のために発信/受信ノードアドレスがあった方がよいことや、将来の拡張性のためにオプションを設定できること、デフォルトチャネルではIPパケットがそのままやりとりされること等から、バイパスチャネルにおいてもIPヘッダを流用するのも自然で、この場合、図7で示したパケット形式181を用いるIPトンネルを利用するのが良い。他のパケットサービス方式に供されるネットワークの場合も同様にできる。また、例えばIPとATMの様に複数のサービス方式が混在するネットワークの場合は前記条件を満たす独自ヘッダが必要となる。

【0046】ヘッダの付加されたバーストは、バイパスチャネル用のバースト光送信器107に入力される。そこで光伝送路に適したスクランブルをかけられ、受信側での同期引き込みに使われるプリアンブルが付加され、変調器122へ入力され、光バーストへと変換される。

【0047】予告パケットに対して途中ノードまたは相手ノードから不許可パケットが返ってきた場合、ノードは再設定に挑むか通信ノード先を変更して対応しようとする。不許可パケットを受ける頻度が高い場合は、そのリングの負荷(ロード)を高いと判断して、他のリングへ移動する。あるいは、デフォルトチャネルを通る不許可パケットの頻度を測定することによって、リングのロードを判断するかも知れない。この様に、各ノードは、各リングのロードを直接的あるいは間接的に把握して、空いているリングに優先的に接続するようにする。ただし通信が集中するノードへの予告は、不許可の確率が高くなるので、その度に通信を諦めると当該ノードへの通信ができなくなってしまう。そこで、ランダムにあるいは決められたルールに従って、再設定を繰り返し通信できるまで待つ必要がある。

【0048】また不許可パケットが返ってきた場合に、既に予告パケットからの遅れ時間 t_1 の設定によっては、当該バーストがすでに送出されている場合がある。この時には、当該バーストを構成するデータが既にバッファから消去され、バーストの再送ができない様なシステム構成もあり得る。通常、上位層プロトコルでも再送などの誤り制御機構が備えられており、光ネットワークのレベルで再送しなくてもアプリケーションは動作可能だからこの構成が可能である。

【0049】この不許可パケットの受信前にバーストを送出してしまう場合にもう一つ問題点がある。それは、不許可にも関わらず送出されたバーストが他の送信を許可された(正確には、不許可でなかった)バーストと衝突して、受信側で許可されたバーストの受信に失敗することである。同じ状況は、不許可パケットが途中で誤りな

どにより廃棄された場合やプロテクション機能によるループバックが働いた場合にも生じる。このため受信ノードでは、予告パケットにより設定された時刻になってもバーストが到達しなかったり、あるいは、届いたバーストが再生できなかった場合、当該バーストを送信したと推測されるノードに、バースト転送の失敗を通知する制御パケットをデフォルトチャネルを介して送信すると良い。ただ、バースト通信主体のネットワークなため、再送はデータに著しい遅延を与える。これを避けるために、各ノードで不許可なバースト伝送を廃棄したり、既に光信号がチャネル上に伝送されている時には、重ねては光信号が送出できない様な機能を備えるとより良い。この機能は、例えばバイパス送信器出力を光リングに多重するための空間スイッチとカプラで構成されている部分を音響光学効果フィルタ(AOTF:Acousto Optic tunable filter)で構成すると実現できる。AOTFは、任意の波長を任意の程度で合分波できる機能がある。このAOTFを送信光信号の合波器として用いて同時に必要なチャネルの光信号の一部を抜き出しモニタすることにより、異常時には、前記の様な対策を行なうことができる。

【0050】前述の様に、他ノードの通信状況に関する知識も効率の良いスケジューリングに役立つ。従って、制御部は、デフォルトチャネルを通過する予告パケットなどから、通信状況を把握する表を作成・管理しておく。この表には、例えば各相手先ノードに、どのノードがいつ通信を行なうかが記録されている。

【0051】またランダムに発生する通信予約がパケット衝突により失敗する確率を下げるために、各リングは平均負荷が例えば50%以下という状態で動作出来るように、ネットワークは設計される。例えば各リングで使用可能な波長が25波長あり、ノードの総数が100局の場合、4リングで全ノードが波長をフルに活用して通信ができるわけだが、この様な状態をtell-and-go方式で実現するのは難しい。これが、例えばリングを8以上設け、各ノードにも相当の容量が確保できる様に受信器を増設すると、パケットあるいはバースト廃棄率が急激に改善され、通信がスムーズに行なわれる様になる。

【0052】さらに高負荷ノードは、例えば、複数受信器により複数のリングに従属することにより、各受信器の負荷を下げ、同時に負荷を各リングに均等に分散させる効果も提供する。これにより、tell-and-go方式を用いた回線設定によっても、著しくリング数を増やす必要はなくなる。

【0053】以上の例では、ノードに備えられたメインの光受信器は、本特許の第6の請求項にかかる発明を用いて、接続される光リングが固定され、さらに受信波長も固定されていた。このため、前に述べた様に送信側ノードでは、通信設定を行なうにあたり、使用可能なチャネルを探して、アレンジする必要がなくなるため、チャネル設定に要する処理が軽減される。特に、本発明が扱

うネットワークは波長や空間という次元を複数用いるため、チャネルを指定する波長や空間の組合せ数が多い。このため、問題点の第4として指摘したように使用可能な波長のアレンジやその打合せの処理が重くなる問題があったが、前記の様に、本発明によりこの問題が解決される。さらに、前述の他ノードの通信状況に関する知識や複数の受信器設置による受信器負荷の低減などにより、より効率的なチャネル設定処理が実現できる。

【0054】本実施例中で用いた切替え手段は、ピエゾ素子によりファイバを駆動する空間スイッチとDBR-LDによる送信波長切替の組合せなため、第1-3の請求項にかかる発明により、波長切替の頻度を空間切替の頻度より高くした。これは当然使用する切替え手段により種々の場合が考えられ、例えば、DBR-LDによる送信波長切替と半導体光ゲート(SOAG:Semi conductor Optical Amplifier Gate)による空間スイッチを用いた光送受信部を構成すると、波長切替がマイクロ秒のオーダーで行なわれるのに対して、空間切替がナノ秒オーダーと波長切替より十分速く行なわれるようになる。この場合においても、前記実施例での空間切替と波長切替の使い方を入れ換えることにより、本特許の効果が得られる。また、ノード毎に切替え速度の速い切替と遅い切替の組合せがことなる場合でも、速い切替の方を優先的に使うという本発明を適用することにより、効率的な通信が実現される。

【0055】本発明の第2の実施例として、前記実施例と同じく図3のネットワークにおいて、各ノードのバイパスチャネル用光受信器もリングおよび波長が可変可能な場合について、以下に説明する。この場合、信号を送信するノードと受信するノード、使用リング、使用波長の組合せが、ダイナミックに変化する。

【0056】図8にノードの構成例を示す。先の実施例におけるノードと異なるのは、バースト光受信器106が制御部111により制御される空間スイッチ110-2と波長選択部123-1~4を介して、全ての光リングに接続されている点である。このノードでは、バースト光送信器107は、情報を伝送するバイパス通信用の送信部として波長可変光源を持ちその出力が空間切替型光スイッチ110を介して各リングに接続されている。バースト光受信器106は、データが転送されてくる光周波数を選択する各リングの波長選択部で選択された光信号が光スイッチで一つだけ選択され、バースト受信に対応した光受信器で受信、電気信号に変換する。そののち、ヘッダ処理などを行ない、取り出された情報を出力する。ノードは、ネットワークの持つ伝送容量をより有効に使い、マルチキャスト通信にも容易に対応するために、光送信部と光受信部を複数持つ場合もある。また、その場合に光送受信器が同じ個数であるとは限らない。

【0057】ノードには、このバイパスチャネル用光送受信器の他に、小容量の通信や制御情報の伝送に主に使われるデフォルトチャネル用の光送受信部を備えるの

は、前記実施例と同様である。各通信は図4に示す手順で前記実施例と同様に行なわれる。

【0058】予告パケットを受けとったノードJは、ノードAからの伝送を受信できるかどうかを判断し、受け取れる場合は、ノードAが指定してきた波長にバイパスチャネル用光受信器の受信波長を合わせる。すると、ノードAからのバースト状パケットが届く。ノードAは、予告パケットを送出後、ある時間 t_1 において、それまでに予告失敗を告げるパケットが戻ってこない限り、バースト状パケットを一方向的に送り出す。ノードJが t_1 以内に

予告パケットを受け取れば、ノードJは、ノードAからのパケットを最初から受信できる。

【0059】この様にして通信を行なうため、ノードは送受信に際して、常にリングと波長を選択することになる。バイパス通信用送受信部では、この選択を上述のとおり波長切替と空間切替の2つの独立した切替え手段を用いて行なう。ところが、それぞれの手段の切替えに要する時間が著しく異なる。

【0060】光送信部の場合、波長切替えは、マイクロ秒オーダの速さで行なわれる。一方、空間切替え速度はミリ秒オーダである。そこで各ノードの制御部は、一度空間切替を行なうと、当該リングネットワークで行なうことができる通信をできるだけやってしまい、その後で初めて、空間切替を行なう。こうすることにより、空間切替の頻度を減らして時間の有効利用を行なうことができる。

【0061】前記機能を実現するため、各ノードの制御部は、常にどのノードがどのリングで通信を行なっているか、特にその光受信器がどのリングで使われているかをできるだけ把握するように表を管理している。この表は、デフォルトチャネルを流れる前述の通信予告パケットやそれを基に各ノードが作った表をノード間で交換することにより、常に最新状況を反映する様に管理される。また各ノードが、自ノードが利用するリングを変更する度にその存在情報をデフォルトチャネルにブロードキャストする様にすると、各ノードは状況を把握しやすくなるので、さらに良い。ノードの存在情報は、各ノードの送受信器が接続リングを変更する直前と直後に流される。変更直後の情報には、例えば予定滞在時間なども含まれて、そのノードへ通信したいノードが通信スケジュールを決めるのにも役立てられる。そして、この表により各ノードは予告パケットの送り先を決定する。

【0062】ただ、デフォルトチャネルを流れる予告パケットは、勿論全ノードには伝わらないし、他のノード間での表の交換や各ノードの流す存在情報も全ノードに正しく伝わるとは限らない。このため、表は全てのノードの状況を把握していないかもしれないし、最新の状況を反映していないかも知れない、制御部は、その点も考慮に入れ表の管理や通信スケジュール決定を行なう。例えば予告パケットから得た情報は信頼できるが、ノード

間で交換した情報は、既に古くなっているかも知れないので、その点を考慮して表の更改を行なう。これにより、表に基づく通信設定を行なった場合でも、当該通信の成功率が向上する。

【0063】ここまでに示した様に各ノードが波長切替を優先して通信していく場合、通信しようとしてもいつも同じリング上にいない相手が生じ、この相手を追いかけて続ける状態になる可能性がある。この様な相手には、予告の予約を行なう、あるいは、リングと周波数の両方を指定し、かつ予告パケットとデータパケットの間を十分にとる様にして、予告パケットを送出することにより、追いかけてい状態を減らすことができる。この様に通信要求をかなり早くから予告すると良いが、それでもすでに通信希望のタイミングにどのリングに居るかが決まっている可能性もあるので、デフォルトチャネルを介して相手のスケジュールをあらかじめ得ておくのも良い。

【0064】デフォルトチャネルでは、小容量の通信もその上で行なうので、ノード数が増えると1チャネルでは容量が足りなくなる。デフォルトチャネルが低負荷、十分に低いパケット廃棄率で運用されていないと、予告パケットなどが相手ノードに届かずに途中で消失して通信に失敗するなど、デフォルトチャネルの容量制限でネットワーク全体の利用効率が低減してしまうという問題が生じる。そこで、デフォルトチャネルの容量が不足する場合には、瞬時的なケースに対しては、予告パケットを優先的に伝送し通常データはバッファリングや廃棄により対応する。一方、平均的に不足する場合には、各リングにデフォルトチャネルを設定するマルチデフォルトチャネルの構成が有効である。この場合のノードの構成を図9に示す。デフォルトチャネル用光送受信器108、109は、WDMカプラ105-1～8と制御部111によりコントロールされる空間スイッチ124-1、2により、全リングのデフォルトチャネルに対して光信号の入出力が可能になっている。ただし依然、デフォルトチャネル用光送受信器108及び109は一つずつしか備えていない。ノードは、各リングでデフォルトチャネルを介して、リングの負荷をチェックしながら通信順序を検討する。リングを切替えたノードは、直後に、接続したことを伝えると共に前にいたリングの通信状況等の情報を知らせるパケットを新しいリング上に放送すると良い。これにより、あるリングでも他リングのほぼ最新の情報が入手でき、他のノードのリング間切替えなどのスケジュールリングの参考になる。

【0065】またデフォルトチャネルを、各リングに分散させることにより、第一の実施例でも触れたデフォルトチャネルとバイパスチャネルの $1.3\mu\text{m}/1.55\mu\text{m}$ の波長多重が同様に使えるので、デフォルトチャネルが安価に構成できる。

【0066】マルチデフォルトチャネル構成において、

ノードが複数のデフォルトチャネル用光送受信器を持つ場合は、多少ノードの光送受信器が高価になるが、さらに通信効率を上げられる。制御部111が、現在通信を行っているリングの他に、次に切替を予定しているリング、さらにその次のリングのデフォルトチャネル情報も入手できるようになるからである。ネットワークにこのようなノードが数ノードあるだけでも、そのノードが最新の他リング情報を流すことができ、他のノードがリング切替をスケジューリングするのに参考にできる。また、複数のバイパスチャネル用光送受信器108,109を持つノードは、各光送受信器のための制御を行なうために、複数のデフォルトチャネル用光送受信器106,107を持つ必要がある。そしてこの時、同時に前述したリング間での情報交換を助けることができる。

【0067】図10に示すような構成により、全ノードがマルチデフォルトチャネルの数だけデフォルトチャネル用光送受信器を備えるとさらに良い。各リング用デフォルトチャネル光送受信器108-1~4,109-1~4はそれぞれWDMカプラ105-1~8を介して、いずれかの光リングに接続されている。各送信部108-1~4は、行き先ノードごとに後述するマルチリンクコネクション制御を行なうML部125-1,2を介してパケットを入力している。また、通常のデフォルトチャネル用の合流器118の後に、前述のML部との間に行き先毎にパケットを振り分ける振分器127も備える。各受信部出力は、発信ノード毎のML部125-3,4を介して合流器126により合流され、セレクタ119に渡される。

【0068】この場合に生じる前記第三の問題に対しては、請求項の第5にかかる発明により、簡易で効率的なデフォルトチャネルの利用が実現できる。まず、複数のデフォルトチャネル間に通信を分岐させ、また、複数のデフォルトチャネル間からの通信を合流する機能を備えることにより、ノード間ごとに複数あるデフォルトチャネルをマルチコネクションにより構成された一つのリンクとみなすことができるようになる。従ってノードの制御部は、どの情報を相手先に接続されているどのデフォルトチャネルに流すかを区別する必要がなくなる。各ノードはロードの低いデフォルトチャネルを選んで予告パケットや情報を送出することにより、各デフォルトチャネル間の負荷が分散し、通信呼損率が十分低く保たれ、デフォルトチャネルの性能不足によるネットワーク全体の効率低下が生じ難くなる。そして、マルチリンクプロトコル等の順序制御プロトコルを分岐／合流機能に適用することにより、通信予約の順序の逆転等がなくなり、確実性の高い処理が実現される。また、あるデフォルトチャネルが障害により使用不可になっても、残りのチャネルを活用することにより、障害の影響が無い、信頼性の高いチャネルを実現できる。

【0069】前記第一、第二の実施例においては、通信設定方式として、「tell-and-go」を用いた例を示して

きた。この方式は、手順が簡単である上に、各ノードが独立に自律的にスケジューリングを行なえるため、各ノードの状況に応じて、通信設定が調整・変更できるため、通信負荷の時間的な変化や地理的な偏りに自在に対応でき、また、分散システムであるところからくる部分的な障害に非常に強い利点もある。しかも全く自由にデータを送り出すALOHA方式に比べるとスループットが高い。しかし、ネットワークの負荷が高くなると、急激に通信の衝突が頻発して、ネットワークの効率的な活用ができなくなる。そのため、通信容量の面で十分余裕のあるネットワーク設計が必要となり、コストがかかる問題点もある。

【0070】一方、本発明は通信設定方式には寄らない。例えばネットワークの本来の通信容量をより効率的に利用するという点では、あらかじめ全ノードのスケジュールを決めてしまうプリアサイン型の通信設定方式が有効であるが、この場合にも本発明は有効である。この方式を用いる場合、ネットワーク全体のスケジューリングを行なうスケジューラが存在し、スケジューラが各ノードの通信要求を集め、それに基づいた全ノードのスケジューリングを刻々で行なっていく。この場合でも、本発明の第1あるいは2,3の項にかかる構成を取ること、以下の様に、依然その効果が得られる。

【0071】まずスケジューラは、ノード（あるいは、各バイパス用光送受信器。以下同様）をリングの数より多い複数のグループに分ける。そして、次にそのグループをいずれかのリングに割り当てていく。さらに各リングの中で、あるグループのノードAから異なるグループのノードBへの通信。と、異なるグループに属するノード間の通信のスケジューリングを行なう。各リングでグループ間の通信のスケジューリングが終了すると、次のグループの組合せを各リングに設定していき、その中でグループ間の通信をスケジューリングする。これを順次行なっていくが、適宜相手グループが無い時などに、グループ内での通信のスケジューリングも行ない実施する。この時、このグループの組合せ変更が各ノードにとってはリング切替えとなり、グループ間通信中の相手ノード変更が波長切替えとなる。従って、ここでも前記2種類の切替が区別され、リング切替(=空間切替)の頻度を低減する様にスケジューリングが行なわれており、その結果、ネットワークの利用効率が向上する。

【0072】また、この様に2段階のスケジューリングを行なうことにより、スケジューラは、ノードの数よりはずっと少ないグループ数、グループ内ノード数という常に少ない数の組合せのスケジューリングをするだけで良いので、スケジューラの処理量が大幅に削減される利点もある。次に複数のネットワークを跨って行なわれるエンドーエンド通信における本発明の効果を説明する。それを示す第三の実施例を図11を用いて説明する。

【0073】図11において、端末A205-1が複数の光ネッ

トワーク201, 202, 203を介して端末B205-2にバースト状データを送信する場合を考える。各ネットワークには、複数のノード102が接続されており、端末Aも端末Bもそれらのノードの一つを介してネットワークに接続されている。途中に介在するネットワークI(201)、II(202)、III(203)は、それぞれ、第一の実施例などで示した、波長と空間の次元を有効に利用しているネットワークである。ネットワークIに接続している端末Aは、ネットワークI上のデフォルトチャネルに端末Bへの通信の予告パケットを送出する。デフォルトチャネルを転送された予告パケットは、ゲートウェイI-x206-1を介してネットワークIIのデフォルトチャネル上に転送される。さらに予告パケットは、ゲートウェイII-x206-2を介して、ネットワークIIIのデフォルトチャネルで転送され、端末Bに到達する。ゲートウェイI-x、II-xでは、ネットワークの接続状況は固定されており予告パケットで指示したチャネルは、前記ゲートウェイを通過して、端末Aから端末Bへ光学的なパスとして存在している。ここまでの過程で特に支障がない場合、予告パケットに遅れて端末Aから伝送されるバーストは、端末Bに伝送される。

【0074】図12に、ネットワークIとIIを接続するゲートウェイノードの一例を示す。それぞれのネットワークのリング#1および#2に接続されている波長選択部123-2, 3, 4, 5により選択された光信号が、光マトリクススイッチ211-1, 2を介して、他方のネットワークの#1~#4のいずれかのリングネットワークにカプラ104-1~8を介して挿入される。前記光マトリクススイッチは、光路を切替える空間光スイッチ、光信号を増幅し波形を整形する光増幅機能・光波形再生機能や取り出した光信号の波長を異なる波長に変換して新しいネットワークへ入力するための波長変換機能を備える。前記光マトリクスは、図示されていない制御部からの制御線を介して、制御部により切替えられる。

【0075】一般にエンドーエンドの場合、端末Aでは途中ネットワーク及び端末Bの状況は把握できないため、端末Aは事前に端末Bとそこまでの経路の基本情報を収集する。端末Aは、まず予告パケットを通信スケジュール確立用に送出する。このパケットには、通常の予告パケットと少し異なり、発信元アドレスと相手先アドレス、通信設定する光リングと波長の組合せ、予想されるバーストのサイズとその発生頻度が記述されている。端末Bはこの情報をもとに、端末Aからの通信をスケジュールに組み込み、その結果として、受信に供するチャネルの光リングと波長の組合せとそこで端末Aから来る信号を待つタイミングとその周期を端末Bはデフォルトチャネルを介して端末Aに通知する。途中ノード、特にゲートウェイノードと端末Aは、通知された条件をスケジュールリングに組み込み予定しておく。この際の端末AおよびBにおけるスケジュールリングでは、制御部は、本発明の第1-3の請求項で特徴付けられる機能を用いて、リン

グ切替えの頻度が波長切替の頻度より小さくなる様にスケジュールリングを行なう。これにより全体的な切替えに費やす時間を最小に抑え、効率的なネットワーク利用を実現することができる。第4, 5の請求項に関わる発明に諸閥A制御情報やデータの転送が容易かつ柔軟に実現でき、高信頼なネットワークが実現されるのも同様である。また端末Aでは、この通知により、バイパスチャネル用行き先別キューに前記端末B宛パケット用のキューを設定し、ルーティング機能にも新しいルーティング情報を設定する。これら端末A, B及び途中ノードでなされる設定は、通信資源を無駄にしないためソフトステート方式で保持される。つまり端末Aは、定期的にバーストを端末Bへ送り出すか、バーストの代わりに、設定保持を要求する制御パケットを端末Bに向けて送出し、端末Bと途中ノードに対して、この設定を保持することを働き続ける必要がある。あらかじめ定められた一定時間の間に、これらのアクションを起こさない場合は、この設定は各端末、ノードで廃棄される。

【0076】次にこの例をもとに、さらに第7の請求項に関わる例とその効果について説明する。

【0077】前記第五の問題点として述べたように、上で述べた様な複数のネットワークを跨ってバーストを転送する場合、端末Aが使える全てのリングの全ての波長から端末Bへ光信号を送り出せるわけではない。なぜなら、途中のゲートウェイで接続するリングや波長が限られるからである。従って、端末Aは、ゲートウェイで転送されるリング・波長の中から通信条件を決めることになる。しかし、ゲートウェイを何段も経由する場合、前記通信条件の選択肢は少なくなり、最悪のケースでは無い場合も生じる。この様な場合、波長変換器があると問題が解決でき、効率良く通信ができることがある。波長変換器は、ある波長で入ってきた光信号を瞬時に別の波長で送出するもので、その際、光信号上の情報は変化しない。一度電気に変換するタイプや光のまま変換するタイプがあるが、いずれも機能内部でのデータのバッファリングは行なわない。この波長変換器があると、ゲートウェイが所属する複数のネットワークのそれぞれで他のネットワークに接続できる光リングや波長の数を独立に設定できる。また、利用波長の衝突があった場合も、片方の光信号の波長を移すことによりそれを回避できる。この結果、各ネットワークは最適かつ最小限の波長で他のネットワークへのインターコネクションを実現できる。また合分波器と併用すると、波長変換器によりリングの切替えもできるため、より効率的なインターコネクション設計・利用ができる。さらにゲートウェイが波長変換器と空間スイッチの両方を備えることによっても、限られたネットワーク間接続の容量を高度にかつ効率的に使える。以上に述べたゲートウェイは、予告パケットを中継する際に、中継先ネットワークの状況も踏まえた上で適当な出力リングと波長を決定し、その情報に予告

パケットを書き換えて次のノードに転送する。最終ゲートウェイのII-Xでは受け側端末Bの状況も多少把握されており、それとネットワークの状況からバーストの出力リングと波長を決定して、予告パケットを転送しておく。同様のことを端末Bからの通知パケットでも検討・調整する。これにより、通信設定の柔軟性が向上する。

【0078】さらにこの様な高度な設定がリアルタイムで可能な程ゲートウェイの制御部の能力が高い場合には、この制御により、前述した事前設定を省略して、端末Aが相手の状況を考慮することなく通信を開始しても、バーストの転送の成功率を高くなる。

【0079】ゲートウェイにおいて接続リングの切替を行なう空間スイッチは、他のノードと異なり、切替え速度の十分速いものにしておくと良い。例えば、SOAGを使ったマトリクススイッチや合分波器と波長可変光源の組合せによる空間スイッチの様な方式である。なぜなら、ゲートウェイ内のネットワーク間を接続する通信路の容量は限られていることが多く、それを効率的に使う必要がある。しかも、ゲートウェイでは各端末が独立して送出してくるバーストを一時蓄積することなく転送するので、波長やリング間接続の切替えがランダムに発生し、しかも、そのスケジュールをゲートウェイのところでは調整できない。このため、多少コストがかかっても、スイッチングのためのガードタイムは小さくした方が良い。もちろん、波長変換器についても同様のことが言える。

【0080】

【発明の効果】以上、いくつかの実施例を用いて示した様に、ダイナミックに通信チャネルを設定する大容量光ネットワークにおいて、生じ易い通信容量の非効率的な利用や制御の困難さは、本発明にかかるそれぞれの請求項で開示した、ノードでの切替順序の設定、データ転送チャネルの選択、制御情報用通信路の利用、さらに、ゲートウェイでのチャネル接続を効率的に行なう技術により解決され、効率的で高信頼なデータ通信が実現できる。

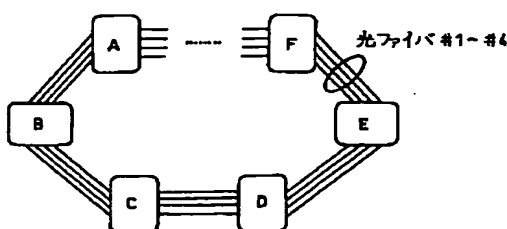
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明する光ノードの第一の例。

【図2】本発明が適用される大容量ネットワークの例。

【図3】本発明が解決する問題点を示しているマルチリ

【図3】



ング光ネットワークの例。

【図4】マルチ光リングネットワークにおけるポイント-ポイント通信の手順例。

【図5】最大バッファ遅延を制御するスケジューリングアルゴリズムの例。

【図6】予告パケットのフレーム構成例。

【図7】バーストパケットのフレーム構成例。

【図8】本発明を説明する光ノードの第二の例。

【図9】マルチデフォルトチャネル対応の光ノードの第一の例。

【図10】マルチデフォルトチャネル対応の光ノードの第二の例。

【図11】エンドーエンド通信にかかるネットワーク構成。

【図12】ネットワーク間を接続するゲートウェイノードの構成例。

【符号の説明】

102, 102-1, 102-2... ノード

103-1~4 光リング

106 バースト光受信器

107 バースト光送信器

108 デフォルトチャネル用光受信器

109 デフォルトチャネル用光送信器

110 空間スイッチ

111 制御部

115 ルーティング部

118 合流部

119 セレクタ

123 波長選択部

30 140 予告パケット

150 バーストデータパケット

170 予告パケットフォーマット

181 バーストパケットフォーマット

124-1, 2 空間光スイッチ

125-1~4 マルチリンクコネクション制御部

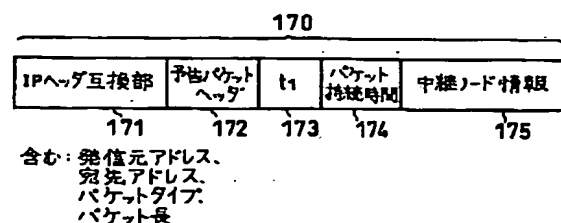
201, 202, 203 ネットワーク

205-1~3 端末

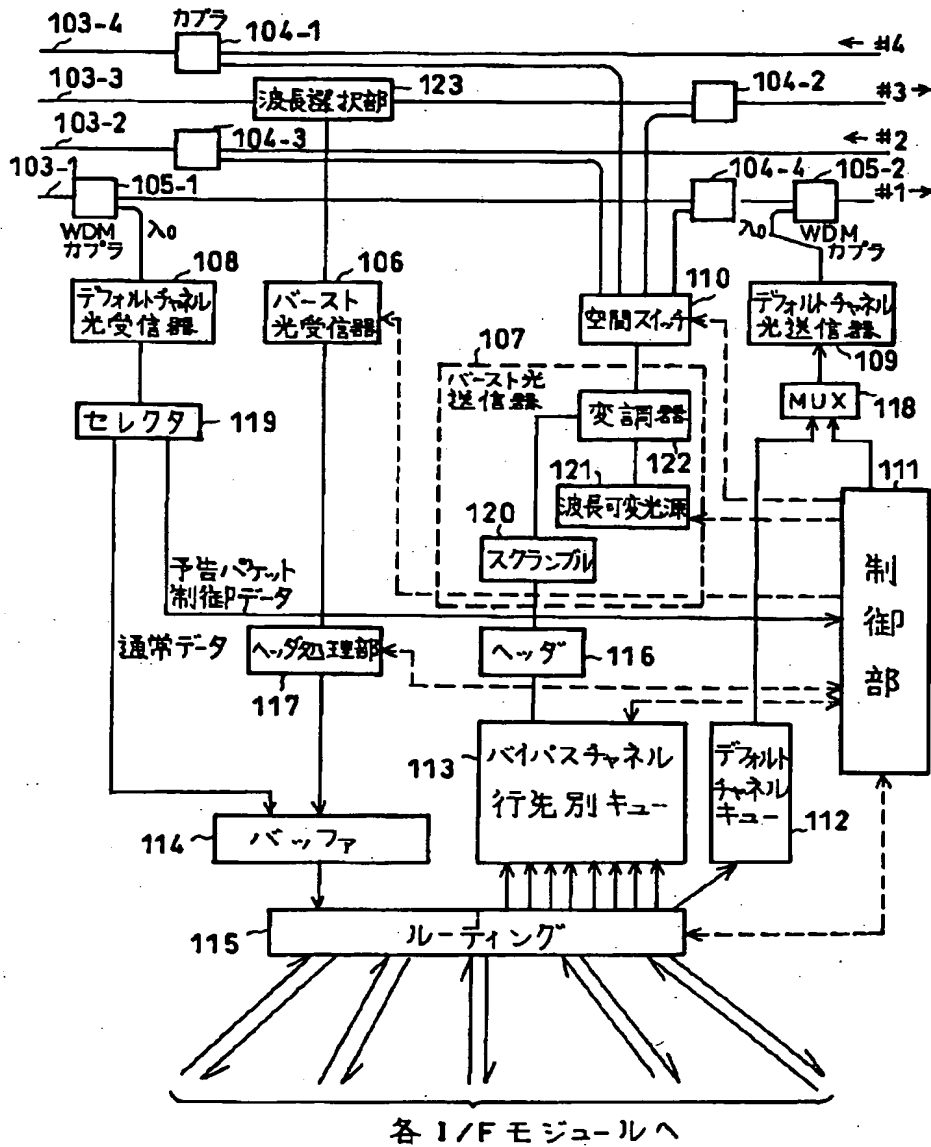
206-1, 2 ゲートウェイ

211-1, 2 光マトリクススイッチ

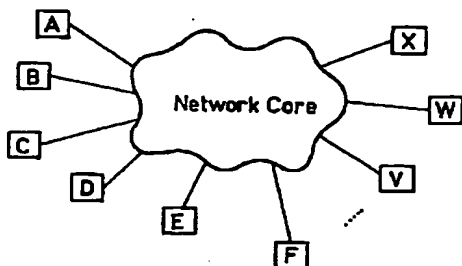
【図6】



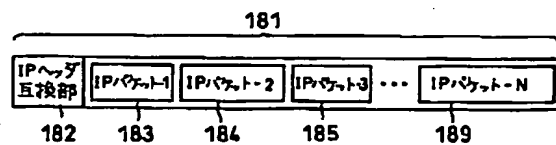
【図1】



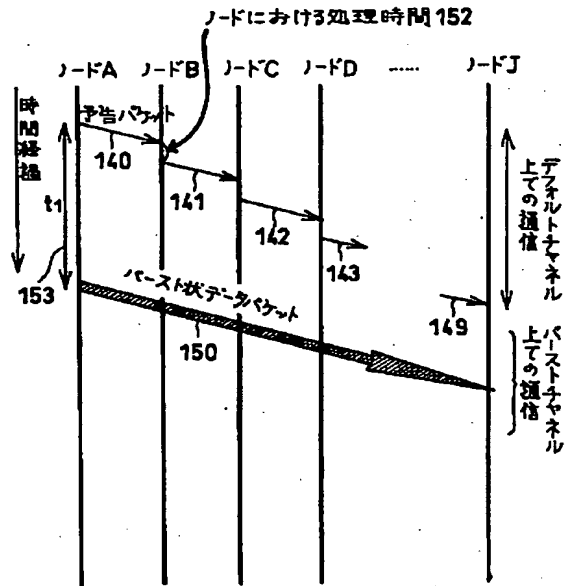
【図2】



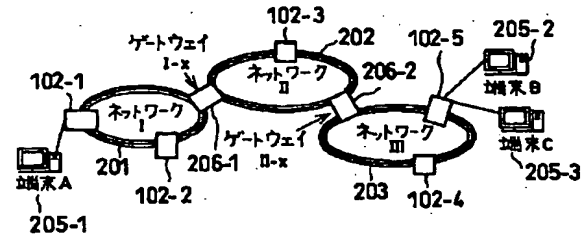
【図7】



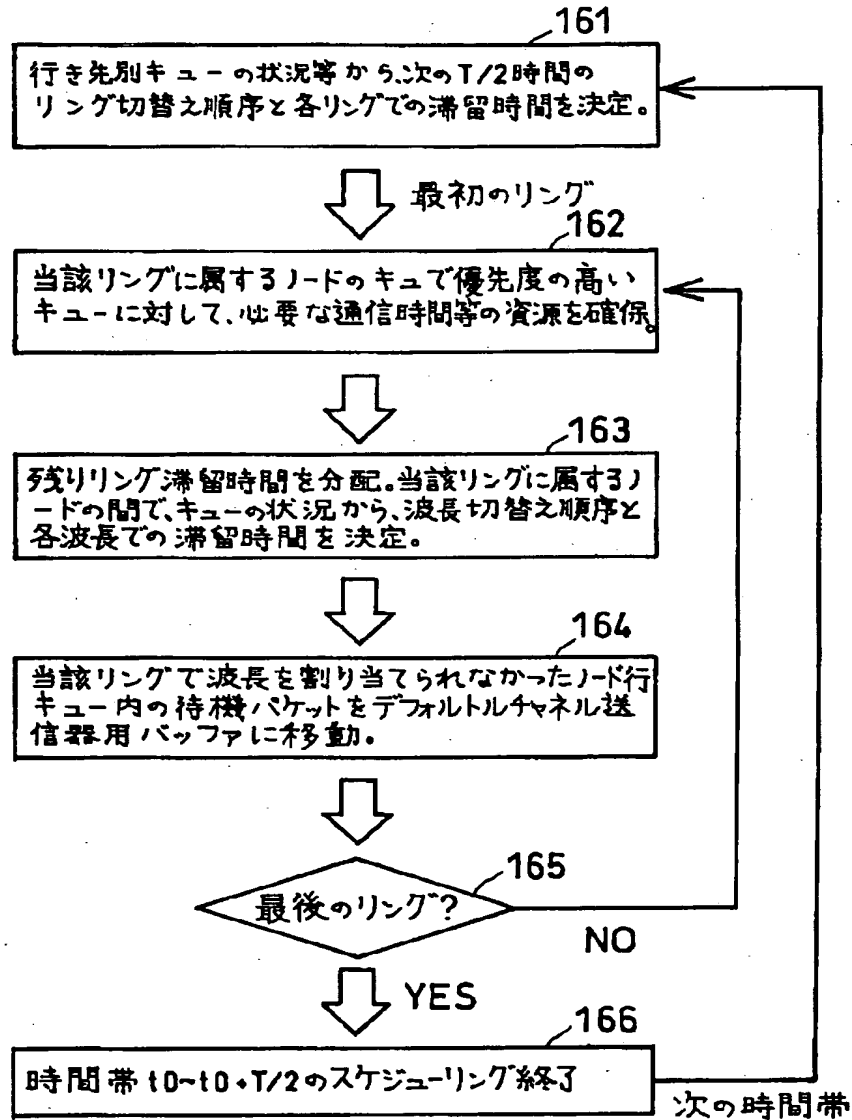
【図4】



【図11】

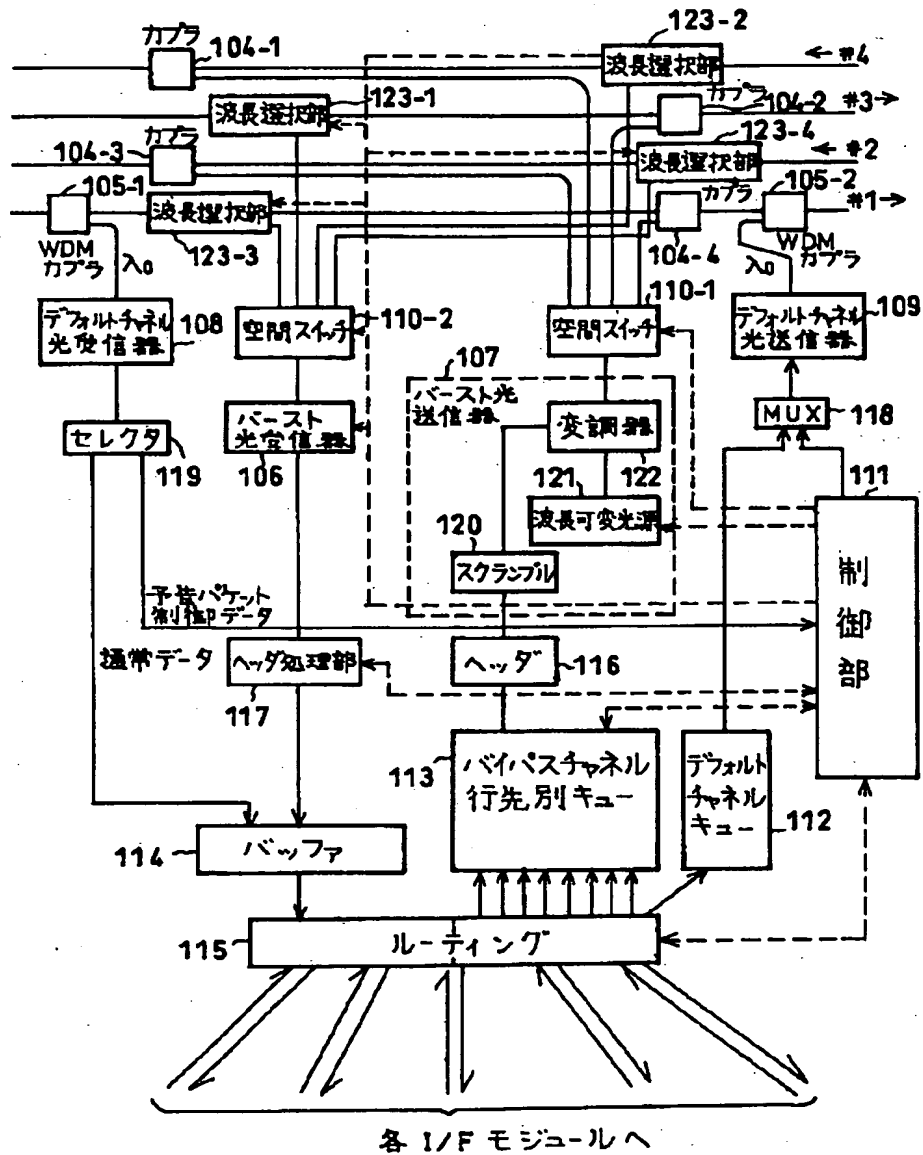


【図5】

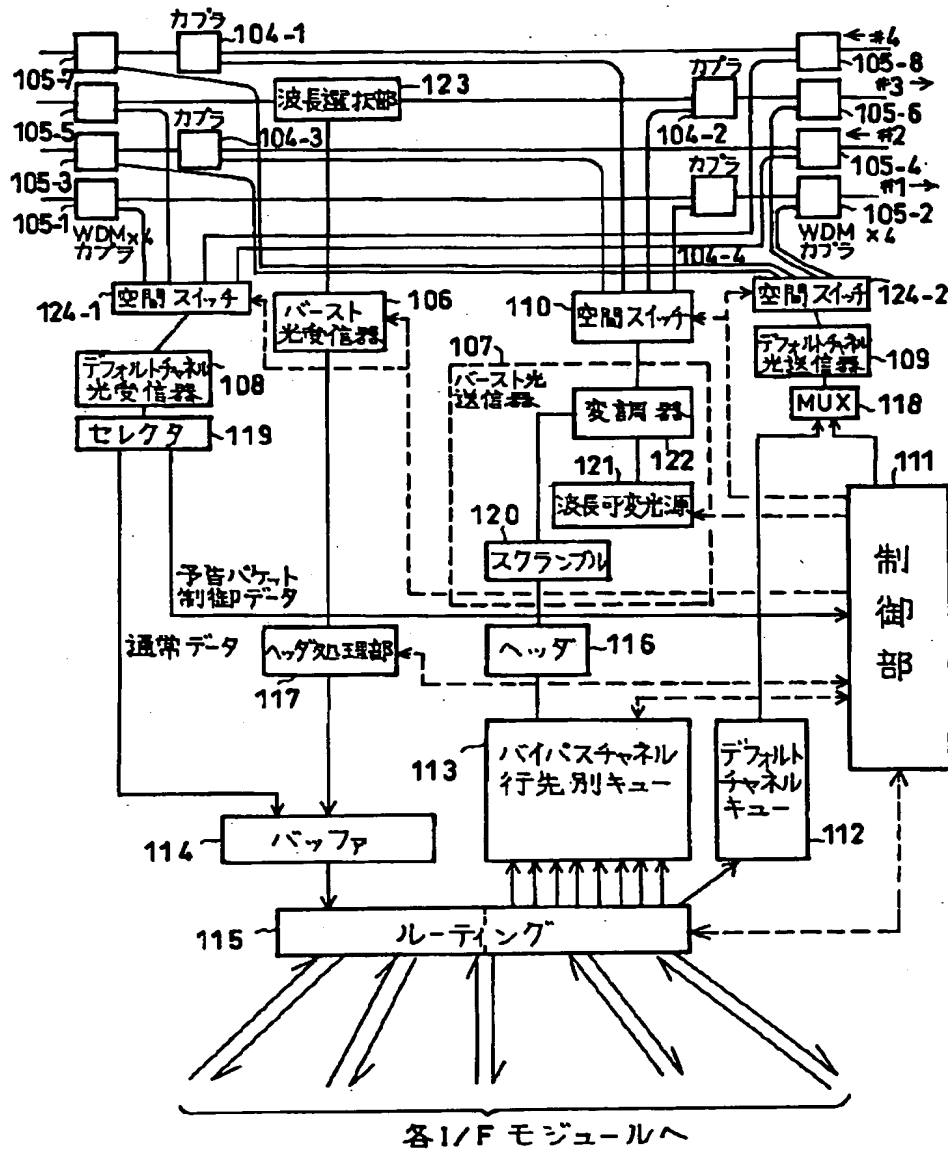


最大バッファ遅延 $< T$ を満たすスケジューリングアルゴリズム例

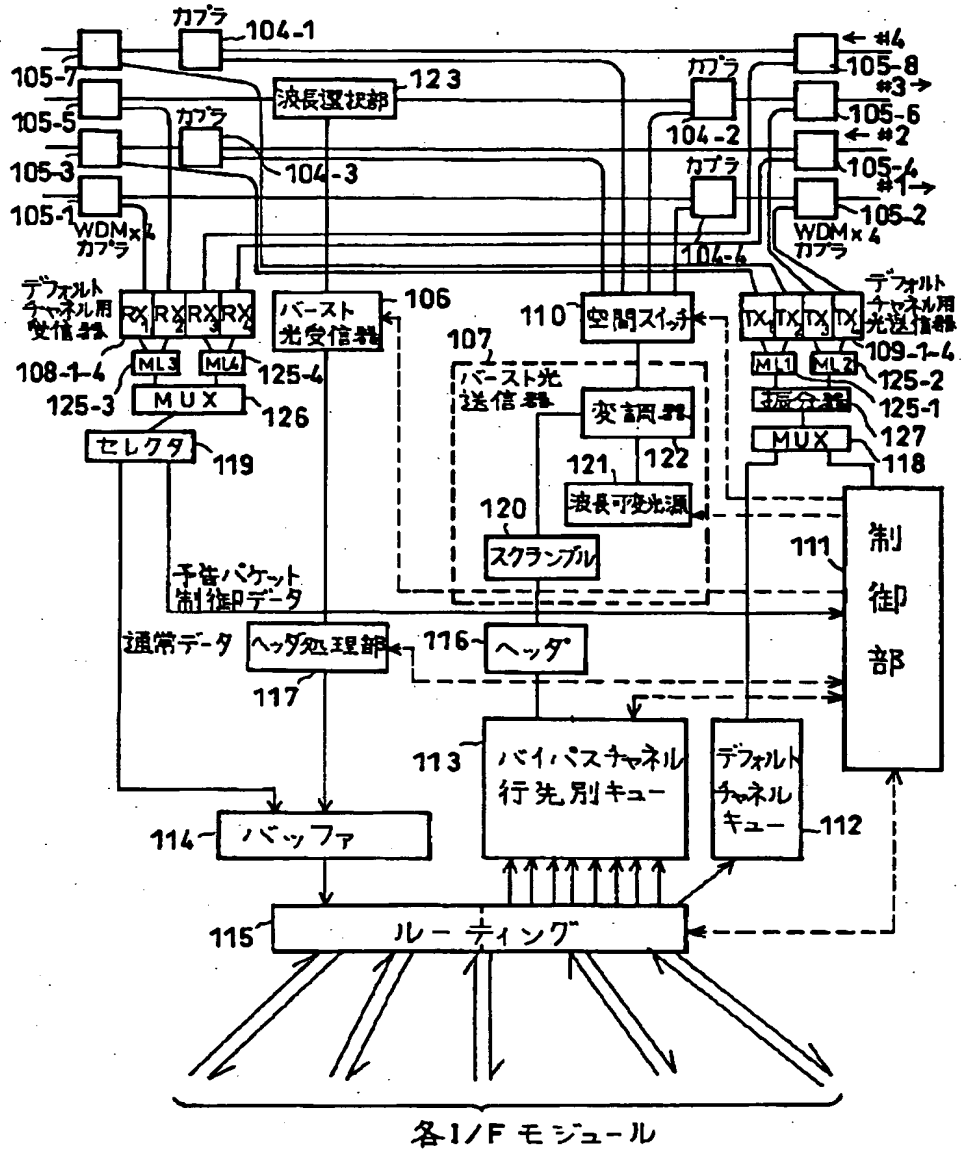
【図8】



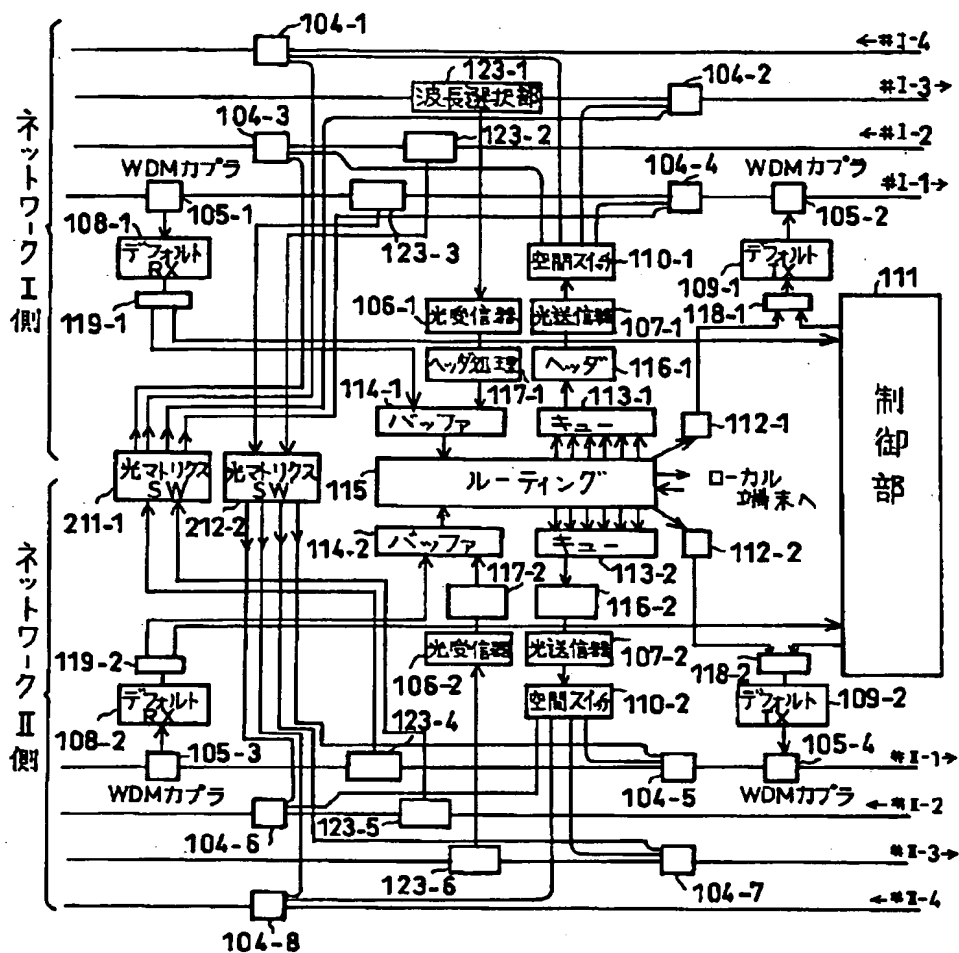
【図9】



【図 10】



【図12】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K002 AA05 BA04 BA05 BA06 BA13
 CA05 DA02 DA05 DA11 FA01
 5K030 GA03 JA01 JL03 LA17 LE05
 LE17
 5K069 AA08 BA01 BA09 CB09 DB01
 DB33 EA25 EA26 FA26
 9A001 CC03

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.